

УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 61621

СПОСІБ СТВОРЕННЯ ОМІЧНИХ КОНТАКТІВ ДО
ШИРОКОЗОННИХ НАПІВПРОВІДНИКІВ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **25.07.2011**.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М.В. Паладій



(19) UA

(51) МПК
H01L 21/268 (2006.01)

(21) Номер заявки: u 2010 15698

(22) Дата подання заявки: 27.12.2010

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.07.2011

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 25.07.2011, Бюл. № 14

(72) Винахідники:

Беляєв Олександр
Євгенович, UA,
Болтовець Микола Сирович,
UA,
Конакова Раїса Василівна,
UA,
Міленін Віктор
Володимирович, UA,
Кудрик Ярослав
Ярославович, UA,
Шеремет Володимир
Миколайович, UA,
Новицький Сергій
Вадимович, UA

(73) Власник:

ІНСТИТУТ ФІЗИКИ
НАПІВПРОВІДНИКІВ ІМ. В.Є.
ЛАШКАРЬОВА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ
НАУК УКРАЇНИ,
пр. Науки, 41, м. Київ-28,
03028, UA

(54) Назва корисної моделі:

СПОСІБ СТВОРЕННЯ ОМІЧНИХ КОНТАКТІВ ДО ШИРОКОЗОННИХ НАПІВПРОВІДНИКІВ

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб створення омічних контактів до широкозонних напівпровідників з густиною структурних дефектів $>10^5 \text{ см}^{-2}$, який включає напилення на поверхню напівпровідника контактоутворюючого шару, в ролі якого виступає метал з роботою виходу, меншою ніж в напівпровіднику, створення дифузійного бар'єра шляхом напилення тугоплавких металів або їх сполук, напилення шару золота і проведення НВЧ обробки з частотою опромінення 2,45 ГГц, який відрізняється тим, що як контактоутворюючий шар використовують сплав металів, що має меншу роботу виходу, ніж чисті метали, що формують цей сплав, який напилюють на поверхню при температурі напівпровідника 20-30 °С, а НВЧ обробку проводять протягом 100-500 с.

Пронумеровано, прошито металевими
люверсами та скріплено печаткою
2 арк.
25.07.2011



Уповноважена особа

(підпис)



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **61621** (13) **U**
(51) МПК
H01L 21/268 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС**
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту**(54) СПОСІБ СТВОРЕННЯ ОМІЧНИХ КОНТАКТІВ ДО ШИРОКОЗОННИХ НАПІВПРОВІДНИКІВ**

1

2

(21) u201015698

(22) 27.12.2010

(24) 25.07.2011

(46) 25.07.2011, Бюл.№ 14, 2011 р.

(72) БЕЛЯЄВ ОЛЕКСАНДР ЄВГЕНОВИЧ, БОЛТОВЕЦЬ МИКОЛА СИЛОВИЧ, КОНАКОВА РАЇСА ВАСИЛІВНА, МІЛЕНІН ВІКТОР ВОЛОДИМИРОВИЧ, КУДРИК ЯРОСЛАВ ЯРОСЛАВОВИЧ, ШЕРЕМЕТ ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ, НОВИЦЬКИЙ СЕРГІЙ ВАДИМОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ ФІЗИКИ НАПІВПРОВІДНИКІВ ІМ. В.Є. ЛАШКАРЬОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) Спосіб створення омичних контактів до широкозонних напівпровідників з густиною структурних

дефектів $>10^5 \text{ см}^{-2}$, який включає напилення на поверхню напівпровідника контактоутворюючого шару, в ролі якого виступає метал з роботою виходу, меншою ніж в напівпровіднику, створення дифузійного бар'єра шляхом напилення тугоплавких металів або їх сполук, напилення шару золота і проведення НВЧ обробки з частотою опромінення 2,45 ГГц, який **відрізняється** тим, що як контактоутворюючий шар використовують сплав металів, що має меншу роботу виходу, ніж чисті метали, що формують цей сплав, який напилюють на поверхню при температурі напівпровідника 20-30 °С, а НВЧ обробку проводять протягом 100-500с.

Корисна модель належить до способів обробки напівпровідникових приладів зокрема, створених на основі напівпровідників з високою концентрацією структурних дефектів ($\geq 10^5 \text{ см}^{-2}$). Така дефектність характерна для напівпровідників вирощених на чужорідних підкладках із значною неузгодженістю параметрів ґратки ($>1 \%$).

При виробництві напівпровідникових приладів часто виникає необхідність вирощувати епітаксію плівку напівпровідника на чужорідній підкладці чи у випадку неможливості отримати напівпровідник іншим способом, чи для отримання напівпровідникових приладів з необхідними властивостями, наприклад гетероструктур для виробництва датчиків. В результаті цього отримані напівпровідникові пластини характеризуються високою дефектністю, що вносить труднощі як для створення самих приладів так і для формування омичних контактів до них.

Для омичних контактів до дефектних, внаслідок вирощування на чужорідних підкладках, напівпровідників характерними можуть бути дефектні механізми струмопереносу, одним з яких є струмоперенос по металевим шунтам, який в останній час був виявлений при дослідженні як сплавних так і створених за допомогою швидкого термічного відпалу омичних контактів до ряду широкозонних напівпровідників, таких як GaN, GaP, InP і детально розглянутих у роботах Бланка і Гольдберга [1, 2]. Внаслідок такої провідності виникають труднощі

при використанні таких омичних контактів для створення напівпровідникових приладів, оскільки утворені металеві шунти закорочують область просторового заряду, що особливо небажано при створенні твердотільних високочастотних потужних приладів.

Останнім часом широко ведеться пошук методів отримання омичних контактів до широкозонних напівпровідників і покращення їх властивостей.

Відомий спосіб створення омичних контактів до широкозонних напівпровідників описано в патенті [3] (аналог). Цей спосіб полягає в нанесенні контактоутворюючого шару металізації на напівпровідник і відпалі отриманої контактної структури при температурах 500-700°C. Такий підхід не є виправданим, бо сформовані таким чином омичні контакти характеризуються низькою температурною стійкістю, можливим утворенням металевих шунтів, що закорочують область просторового заряду, з вищим значенням питомого контактного опору ніж можна досягти і великим розкидом електрофізичних параметрів сформованих контактів.

В аналізі [4] для пониження питомого контактного опору омичних контактів до широкозонних напівпровідників запропоновано окислення контактоутворюючого шару металізації. Але недоліком цього підходу є можливість формування діелектричного шару при окисленні металу і формування дуже неоднорідної межі розділу метал-напівпровідник.

(13) **U**(11) **61621**(19) **UA**

Відомий спосіб [5] створення омичних контактів до широкозонних напівпровідників, обраний нами за прототип полягає в наступному. На підігріту до 400°C поверхню напівпровідника наноситься контактоутворюючий шар металу, робота виходу якого менша ніж в напівпровіднику. Отримані структури для формування омичного контакту піддають швидкому термічному відпалу при температурі 900°C протягом 30 с, внаслідок чого формуються сполуки або сплави з роботою виходу нижчою ніж в їх окремих компонентах. Ці сполуки утворюють омичний контакт. Потім наносять дифузійний бар'єр, в ролі якого виступають тугоплавкі метали і їх сполуки. Для контакту з вивідними провідниками на поверхню дифузійного бар'єра наносять шар золота. Для покращення електрофізичних параметрів омичних контактів проводять НВЧ обробку отриманих контактів з частотою опромінення 2,45 ГГц і потужністю 7,5 Вт/см² тривалістю 1000 с.

НВЧ хвиля переносить енергію недостатню для іонізації атомів чи породження структурних дефектів, але цієї енергії достатньо для збудження електронної підсистеми напівпровідника. В міжвузельних атомах домішки відбувається вибіркове поглинання. Додаткова поглинута енергія підвищує ймовірність покинути міжвузельному атому рівноважний стан і перейти в сусідній рівноважний стан, або анігілювати на дефекті типу "вакансія". Внаслідок мікрохвильового впливу відбувається перерозподіл домішкових атомів, що призводить до гомогенізації параметрів отриманих контактних структур. Також під час мікрохвильового відпалу в напівпровіднику відбувається розігрів локальних дефектних областей кристалу викликаний омичними і діелектричними втратами. Відповідно відбувається розігрів атомів металу, локалізованих на цих дефектах і перерозподіл цих атомів, що призводить до переходу від провідності по металевим шунтам в омичному контакті до тунельного механізму струмопереносу. При цьому загальний розігрів зразка залишається незначним. Внаслідок мікрохвильової обробки відбувається рівномірний перерозподіл атомів металу по приконтактній області, що формують металеві шунти, що призводить до формування контакту з рівномірним розподілом електрофізичних параметрів і тунельним механізмом струмопереносу.

Недоліком даного методу є формування пошкодженої поверхні напівпровідника в приконтактній області, що характеризується високою шорохуватістю, що обмежує використання омичних контактів в твердотільних високочастотних приладах. До цього призводить додатковий нагрів напівпровідника під час нанесення металізації і швидка температурна обробка при температурі 900°C. Внаслідок температурних впливів високою є концентрація і довжина сформованих шунтів, довгий час НВЧ обробки, необхідний для перерозподілу атомів металу, що осідають на дислокаціях і великі енерговитрати на температурну і НВЧ обробку контактних структур.

Задачею корисної моделі є зменшення пошкодження поверхні напівпровідника в процесі створення омичного контакту при зменшенні часу НВЧ обробки і відсутності термообробки.

Поставлена задача вирішується способом створення омичних контактів до широкозонних напівпровідників з густиною структурних дефектів $>10^5 \text{ см}^{-2}$, який включає напилення на поверхню напівпровідника контактоутворюючого шару, в ролі якого виступає метал з роботою виходу меншою ніж в напівпровіднику, створення дифузійного бар'єра шляхом напилення тугоплавких металів або їх сполук, напилення шару золота і проведення НВЧ обробки з частотою опромінення 2,45 ГГц, який відрізняється тим, що в якості контактоутворюючого шару використовують сплав металів, що має меншу роботу виходу ніж чисті метали, що формують цей сплав, який напилюють на поверхню при температурі напівпровідника 20-30°C, а НВЧ обробку проводять протягом 100-500 с.

Нанесення готових сплавів замість чистих металів дозволяє не застосовувати термообробку для формування омичного контакту. Зменшення температури поверхні напівпровідника при нанесенні контактоутворюючої сполуки і відсутність подальшої термообробки дозволяють значно зменшити область пошкодження напівпровідника і шорохуватість поверхні напівпровідника, що дозволяє зменшити довжину шунтів і їх концентрацію. Ці фактори дозволяють значно зменшити час НВЧ обробки, необхідний для переходу від струмопереносу по шунтам до тунельного, що зумовлено формуванням менш неоднорідної поверхні напівпровідників.

Нижче наведений приклад по реалізації способу створення омичних контактів до широкозонних напівпровідників.

На непідігріту поверхню n-GaP з концентрацією дефектів 10^5 см^{-2} магнетронним розпиленням нанесли золотогерманієву евтектику товщиною 500 Å. Потім в ролі дифузійного бар'єра магнетронним розпиленням нанесли квазіаморфний шар тугоплавкої сполуки TiB_x товщиною 500 Å. Для контакту з вивідними провідниками нанесли шар золота товщиною 500 Å. НВЧ обробка контактів проводилася за допомогою магнетрона з частотою мікрохвильового випромінювання 2,45 ГГц і потужністю 7,5 Вт/см² тривалістю 200 с. На фігурі 1 показано залежність питомого контактного опору омичного контакту AuGe-TiB_x-Au до n-GaP від часу НВЧ обробки, на якій видно, що внаслідок обробки опір контактів зменшився з $8,09 \cdot 10^{-4}$ до $4,87 \cdot 10^{-4}$ Ом·см². На фігурі 2 показана залежність середньоквадратичного відхилення величини питомого контактного опору омичного контакту AuGe-TiB_x-Au до n-GaP, де видно, що після НВЧ обробки тривалістю 200 с середньоквадратичне відхилення питомого контактного опору зменшується з 0,44 до 0,08.

Таким чином запропонований спосіб отримання омичних контактів дозволяє отримати контакти з рівномірним розподілом електрофізичних параметрів по контактним структурам з тунельним механізмом струмопереносу при збереженні малих значень питомого контактного опору.

Джерела інформації:

1. Бланк Т.В. Протекание тока по металлическим шунтам в омических контактах к широкозонным полупроводникам A^{III}B^V / Т.В. Бланк. Ю.А.

Гольдберг, Е.А. Поссе // Физика и техника полупроводников. - 2009. - Т. 43, № 9. - с. 1204-1209.

2. Механизм протекания тока в сплавном омическом контакте In-GaN / Т.В. Бланк, Ю.А. Гольдберг, О.В. Константинов, В.Г. Никитин, Е.А. Поссе // Физика и техника полупроводников. - 2006. - Т. 40, № 10. - с. 1204-1208.

3. Аналог. Винахідник: Uemura, Toshiya, Tsushima-shi, Aichi; Shibata, NaokiBisai-shi, Aichi [JP], Власник: Toyoda Gosei co., LTD [JP]. Ohmic contact to n-GaN related compound semiconductor and its manufacturing method. № EP0834929A2 (A2), 1998-04-08.

4. Аналог. Винахідник: Ka Shinkoku, Chin Kingen, Cho Chosho, Tei Shinyu, Chiu Chienchina, Shi Kokoku, Ko Chohen [JP], Власник: Ind Tech Res Inst [JP]. Semiconductor ohmic contact and manufacture thereof. JP2000195818 (A) 2000-07-14.

5. Прототип. Влияние микроволновой обработки на механизмы протекания тока в омических контактах Au-TB_x-Al-Ti-n⁺n⁻GaN-Al₂O₃ / А.Е. Беляев, Н.С. Болтовец, С.А. Витусевич, В.Н. Иванов, Р.В. Конакова, Я.Я. Кудрик, А.А. Лебедев, В.В. Миленин, Ю.Н. Свешников, В.Н. Шеремет // ФТП. - 2010. - Т. 44, № 6. - с. 775-781.

